

Análise de viabilidade e risco de projetos de intensificação agrícola utilizando Simulação de Monte Carlo

Gleice Kelli de Alcântara Anastácio¹

Felipe Kesrouani Lemos²

Paula Renata Monteiro Bigoloti¹

Adriana Cristina Cherri²

¹ Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE)

² Universidade Estadual Paulista (UNESP),

Resumo

O objetivo do presente trabalho é desenvolver a análise de viabilidade econômica e de risco de três projetos alternativos de intensificação da produção agrícola de soja e milho na região sul do Estado do Mato Grosso do Sul: (i) implantação de sistema de irrigação; (ii) aquisição de equipamentos para armazenagem de grãos (silos); e (iii) internalização da operação de colheita. Os três projetos tiveram seus fluxos de caixa modelados a partir de parâmetros técnicos provenientes de dados documentais e bibliográficos. Foram construídas séries históricas para aproximar distribuições de probabilidade para os parâmetros considerados probabilísticos. Com tais distribuições foi possível submeter os modelos econômicos a um procedimento de Simulação de Monte Carlo para analisar a variabilidade de indicadores de retorno econômico (VPL e TIR). Os resultados mostram que: (i) o projeto de irrigação apresenta maior rentabilidade e menor probabilidade de insucesso; (ii) o projeto de armazenagem mostra-se também viável e com menor variabilidade do resultado final; e (iii) o projeto de internalização da operação de colheita é inviável em todos os cenários analisados. Este trabalho contribui para a literatura na medida em que propõe um método de avaliação de rentabilidade e risco de projetos de intensificação agrícola, podendo ser replicado em outras localidades.

Palavras-chave: Viabilidade econômica. Análise de risco. Simulação de Monte Carlo. Setor agrícola.

1. Introdução

O setor primário contribuiu significativamente para o desenvolvimento do país nos últimos anos. Em 2017, por exemplo, houve um crescimento nesse setor de 13,0%, consideravelmente superior ao 1,0% do Produto Interno Bruto (PIB) geral do país, sendo impulsionado pelo aumento de produção das culturas de milho e soja, respectivamente de 55,2% e 19,4% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE, 2018). Frente a tais ganhos e à importância das referidas culturas, projetos de intensificação da produção de grande magnitude são propostos e devem ser analisados sob crivo econômico-financeiro e de risco.

Trata-se de projetos que incluem variáveis de incerteza bastante dinâmicas, tais como preços de comercialização, produtividade e fatores climáticos.

Neste estudo, especificamente, propõe-se a avaliação de projetos utilizando ferramentas de análise de viabilidade econômica e a simulação de Monte Carlo como forma de mensuração de risco. O escopo foi delimitado para três projetos: (i) implantação de sistema de irrigação; (ii) aquisição de equipamentos para armazenagem de grãos (silos); e (iii) internalização da operação de colheita. O estudo foi realizado com base nos dados de um sistema de produção no sul do Estado do Mato Grosso do Sul.

O trabalho contribui para a literatura na medida em que propõe um modelo econômico e de avaliação de risco aplicado ao setor agrícola, mais especificamente para projetos de intensificação em um sistema produtivo para as culturas de soja e milho. O modelo é aplicado a dados reais, específicos de uma região, mas pode ser replicado em outros contextos, servindo de método para avaliação de investimento e risco. Foi feita a compilação de dados documentais e da literatura a respeito de benefícios, custos e investimentos envolvidos nos referidos projetos, com os quais elaborou-se um modelo econômico determinístico para verificar a viabilidade dos mesmos e, posteriormente, uma análise de risco através de simulações de Monte Carlo.

Este trabalho está organizado em cinco seções, incluindo esta introdução. A seção seguinte trata do referencial teórico que deu base ao desenvolvimento da pesquisa. Em seguida, discute-se a metodologia aplicada e o detalhamento de sua execução. Na quarta seção, os resultados provenientes do modelo de viabilidade e risco são apresentados e discutidos. Finalmente, exibem-se as conclusões deste trabalho na quinta seção.

2. Fundamentação teórica

2.1. Avaliação de investimentos

A análise de viabilidade econômica considera as condições adversas potenciais e o rendimento esperado de determinado projeto de investimento (SAMANEZ, 2009). A comparação de alternativas de investimento quanto à rentabilidade e risco pode ser feita por métodos como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *payback* (FERREIRA, 2017). O método do VPL computa o valor presente dos fluxos de caixa futuros gerados por um projeto ao longo de sua vida útil e pode ser calculado como mostrado em (1), considerando o investimento inicial (I), a vida útil do projeto (n), o fluxo de caixa projetado no período t (FC_t) e a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Onde um VPL positivo indica a viabilidade econômica do projeto (SAMANEZ, 2009).

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TMA)^t} \quad (1)$$

O método da TIR se baseia em (1) e consiste no cálculo da taxa que anula o VPL, de forma que o projeto é viável quando esta é superior à TMA (SAMANEZ, 2009). Além de ser um indicador de rentabilidade, também pode ser considerada uma medida de risco, comparável a um “ponto de equilíbrio” do projeto. Já o *payback* descontado refere-se ao tempo necessário para recuperar o valor investido no projeto, utilizando os fluxos de caixa trazidos a valor presente. Projetos com *paybacks* longos são avaliados negativamente, pois apresentam rentabilidades menores ao longo do tempo, postergando o retorno do investimento (FERREIRA, 2017).

A análise de risco, no entanto, tem como objetivo explorar a incerteza dos resultados de um determinado projeto ou fenômeno. A técnica de simulação é uma das ferramentas possíveis, uma vez que permite retratar os fenômenos probabilísticos como distribuições estatísticas e entender possíveis combinações de seus comportamentos (GITMAN, 2010). A simulação de Monte Carlo, em especial, permite simular repetições de um modelo, retratando diversos cenários de resultados com base na atribuição de combinações aleatórias de valores para seus parâmetros, de acordo com suas distribuições de probabilidade (SARAIVA JÚNIOR; TABOSA; COSTA, 2011). Tais distribuições buscam reproduzir o comportamento da variável, de forma a limitá-la e evitar a ocorrência de resultados não realistas (OLIVEIRA, 2008).

2.2. Projetos estudados: irrigação, armazenagem e internalização da colheita

A irrigação tem o intuito de superar incertezas pluviométricas, garantindo a produção agrícola e minimizando o risco de perdas de produtividade, além de permitir a produção em períodos de entressafra, estiagem ou com irregularidade de distribuição da chuva, e melhorar a qualidade dos produtos comercializados (SILVA et al., 2012). Embora haja uma perspectiva promissora em relação à sua adoção, deve-se analisar o planejamento, dimensionamento, manejo e desenvolvimento da cultura, pois boas práticas de cultivo contribuem com a minimização do risco de quebra de safra. Ao considerar que se trata de um investimento de alta magnitude com elevados custos operacionais, o cuidado deve ser ainda maior, demandando, portanto, uma análise de viabilidade. Essa análise pode ser elaborada a partir de estimativas dos dispêndios e receitas geradas pelo projeto, sendo que o resultado obtido é usado como subsídio à tomada de decisão, pois determina o nível de atratividade do sistema de irrigação (SILVA et al., 2007).

Ainda que a produção de grãos seja uma importante parcela do PIB brasileiro, a capacidade estática de armazenagem no país não acompanhou o crescimento de sua produção entre 2000 e 2013 e, conseqüentemente, há um déficit na capacidade de armazenagem em relação à demanda existente (BRASIL, 2014). Sendo a produção agrícola altamente sazonal, o armazenamento possui a importância de transferi-la ao longo do tempo, equilibrando a relação entre oferta e demanda (FERRARI, 2006). Além da regularidade mercadológica, é necessário preservar a qualidade e durabilidade do produto em termos biológicos, químicos e físicos após a colheita, através de tecnologias de beneficiamento que buscam a padronização quanto ao teor de umidade, impurezas e avarias (DE MARTINI; PRICHOA; MENEGAT, 2009).

A mecanização da agricultura é outro fator que contribuiu positivamente com o aumento da produtividade, promovendo ao país uma posição de destaque a nível mundial como produtor de *commodities* agrícolas (MASCARIN, 2014). As colhedoras (ou colheitadeiras) são máquinas complexas que incorporam várias operações simultâneas (corte, alimentação, trilha, separação, limpeza, armazenagem e transporte) críticas à atividade agrícola, afetando a produtividade e a qualidade dos grãos (MESQUITA; COSTA, 2006). A ampla terceirização desta operação apresenta aspectos positivos, como foco na atividade principal, não imobilização de capital para uma atividade sazonal, menores custos internos, mão de obra mais especializada, e adoção mais rápida de novas tecnologias. Por outro lado, há perda de controle da manutenção, menor flexibilidade quanto a replanejamentos, e susceptibilidade quanto à possível falta de comprometimento do fornecedor (MASCARIN, 2014).

3. Modelagem e coleta de dados

Foram coletados os dados correspondentes aos fluxos de caixa anuais incrementais dos projetos: investimentos necessários, ganhos e custos adicionais decorrentes de cada um, além de parâmetros que exercem influência sobre esses valores, de forma a estimar os resultados econômicos dos projetos e desenvolver as respectivas análises de viabilidade e de risco. Para tanto, foram empregadas as técnicas da pesquisa bibliográfica e da pesquisa documental.

Os fatores envolvidos no modelo foram classificados como determinísticos ou probabilísticos, sendo os primeiros valores fixos, enquanto os probabilísticos são representados por distribuições de probabilidade que refletem a aleatoriedade do fenômeno estudado. A identificação da distribuição que melhor representa a amostra de dados coletada foi feita através de teste de aderência χ^2 .

A análise de viabilidade econômica dos projetos de investimento foi baseada na construção dos fluxos de caixa incrementais com posterior cálculo do VPL, TIR, e *payback* descontado. O fluxo de caixa (FC_{pt}) de um determinado projeto p no período t é função de seus ganhos incrementais (G_{pt}), custos incrementais (C_{pt}), além das taxas sobre receita (tx^R) e sobre resultado (tx^L), conforme a equação (2).

$$FC_{pt} = (G_{pt} \cdot (1 - tx^R) - C_{pt}) \cdot (1 - tx^L) \quad (2)$$

Sobre a receita, incide uma taxa total de 2,5%, sendo 1,5% referente a impostos (Fundo de Assistência do Trabalhador Rural, Funrural) e 1% de taxas da cooperativa compradora dos produtos. Sobre o resultado, incide 27,5% (Imposto de Renda Pessoa Física). Adotou-se como custo de oportunidade a taxa Selic de 6,75%, vigente em março de 2018. O valor do investimento inicial, a vida útil, e o valor residual dos projetos são específicos para cada um deles, bem como os ganhos e custos incrementais, como será detalhado a seguir. Em todos os projetos foi utilizado o preço da soja e do milho como parâmetros, sendo sua distribuição inferida com base em histórico de preços da região coletados pelo produtor de 2014 a 2018.

3.1. Projeto de implantação de sistema de irrigação

Para o projeto de irrigação, o investimento abrange os custos de aquisição e instalação dos equipamentos para uma área de 590 hectares, além da infraestrutura civil e licenças ambientais. Os dados de investimento e vida útil foram obtidos documentalmente, através de orçamentos com fornecedores e parceiros. Já o valor residual dos equipamentos foi considerado nulo, pela obsolescência esperada na vida útil.

Os ganhos são dados pela receita incremental da safra principal (soja), devido ao esperado aumento de produtividade; além da ampliação da segunda safra (milho), pois atualmente apenas 50% da área é cultivada devido a riscos climáticos regionais. A distribuição da produtividade incremental da soja foi obtida através da diferença do potencial produtivo da cultura em relação à produtividade esperada sem irrigação (SANTA OLALLA; JUAN VALERO; CORTÉS, 1994; CANDOGAN et al., 2013; GAVA, 2014). A distribuição de probabilidade do incremento de produtividade do milho em segunda safra foi feita com base no histórico da consultoria técnica do produtor, em experimentos com diversas variedades.

Os custos incrementais incluem manutenção, energia elétrica, e custo de cultivo da área adicional de milho. O primeiro foi estimado com base na literatura (CASTIBLANCO, 2009; DUENHAS; SAAD, 2009; PICCOLI, 2011; PIMENTEL, 2012; FERRI 2017). A energia elétrica utilizada foi calculada com base no preço da energia, potência dos equipamentos orçados e quantidade de dias de uso, sendo este último baseado no histórico de chuvas do

município de 1966 a 2014 (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL, INMET, 2018) frente à demanda hídrica das culturas ao longo de seus ciclos. O custo variável de cultivo de milho foi obtido com base no histórico da empresa.

A Tabela 1 sintetiza os fatores envolvidos no projeto de irrigação, apresentando a respectiva origem dos dados e valores quando determinísticos ou distribuições calculadas quando probabilísticos.

Tabela 1 – Síntese dos fatores envolvidos no projeto de irrigação

Parâmetro	Unidade	Coleta	Valor determinístico	Distribuição de probabilidade
Equipamentos	R\$	Orçamento	3.834.350,00	
Infraestrutura	R\$	Orçamento	89.628,13	
Manutenção	R\$/ha/ano	Literatura		Gama (0,746; 163,094)
Potência instalada	kW/ha	Orçamento	2,02048	
Uso médio diário	horas/dia	Orçamento	21	
Dias de uso	dias	Simulação		Normal (119,21; 8,164)
Preço kWh	R\$/kWh	Documental	0,12589	
Preço soja	R\$/sc	Documental		Gama (139,453; 0,445)
Preço milho	R\$/sc	Documental		Uniforme (13,289; 30,928)
Produtividade soja	sc/ha	Simulação		Lognormal (4,164; 0,147)
Incr. produtividade soja	sc/ha	Simulação		Beta (4,958; 2,505; -20,098; 40,22)
Produtividade milho	sc/ha	Documental		Uniforme (70,728; 116,77)
Incr. produtividade milho	sc/ha	Documental		Beta (1,017; 1,169; 13,3; 102)
Área do projeto	ha	Orçamento	590	
Área atual de 2a safra	ha	Documental	295	
Expansão da 2a safra	ha	Documental	295	
Custo variável milho	R\$/ha	Documental	1598,08	
Vida útil do projeto	anos	Orçamento	20	

Fonte: Autoria própria

3.2. Projeto de aquisição de equipamentos para armazenagem de grãos

Para o projeto de armazenagem, o investimento contempla a aquisição e instalação dos equipamentos e a infraestrutura civil e elétrica, cujos valores foram orçados com fornecedores, bem como a vida útil. Devido à dificuldade de venda dos equipamentos em sua forma original, admitiu-se um valor residual nulo.

Os ganhos referem-se às receitas incrementais de soja e milho, associadas à possibilidade de melhores negociações com outros clientes, cujo sobrepreço foi estimado com base no histórico de preços locais, assim como a produtividade da casca de soja. O valor de mercado deste subproduto foi obtido por meio de orçamentos. Considerou-se ainda o incremento com a extinção de descontos por falta de padronização dos grãos (sobretudo umidade), para os quais a distribuição foi determinada a partir do histórico de penalizações da empresa.

Os custos incrementais abrangem os custos operacionais com: manutenção, obtidos através da literatura (JASPER et al., 2006; TEIXEIRA, 2006; SILVA; QUEIROZ; FLORES, 2006; SOUZA; FIGUEIREDO; OLIVEIRA NETO, 2010; OLIVEIRA et al., 2015; SISTEMA OCEPAR, 2016; PEREIRA; OLIVEIRA, 2016); mão de obra direta, considerando dois colaboradores com os salários e encargos atuais da propriedade; energia elétrica e lenha para alimentação da fornalha, com base nos dados de consumo das especificações técnicas para as produções estimadas e preços unitários dos insumos. Por outro lado, existe uma diminuição de custo pela economia do frete da propriedade até a cooperativa durante a colheita, custo este coletado pelos preços pagos atualmente.

Neste projeto, considerou-se a produção em área total (1.600 hectares) na primeira safra (soja) e metade desta na segunda safra (milho). As mesmas distribuições de probabilidade (sem irrigação) foram utilizadas do projeto anterior. A Tabela 2 sumariza os parâmetros coletados e inferidos para o modelo.

3.3. Projeto de internalização da operação de colheita

No projeto de aquisição de colhedora de grãos, o investimento inicial se refere apenas ao valor do equipamento, obtido por meio de orçamento com fabricante junto às informações técnicas referentes à vida útil e à capacidade de colheita em termos de área nas janelas de safra. Neste caso, o valor residual é expressivo e foi obtido através de orçamentos.

Neste projeto, não são considerados ganhos incrementais, apenas alteração incremental nos custos. Por um lado, economiza-se o gasto com terceirização da operação, habitualmente pago *in natura* ao prestador de serviço. Desta forma, o preço dos produtos colhidos é, novamente, um parâmetro utilizado. Por outro lado, adicionam-se custos de mão de obra, seguro e manutenção. Os custos com combustível são pagos pelo produtor de qualquer forma, não sendo incrementais. Para o custo de mão de obra, considerou-se o valor de um trabalhador temporário por 60 dias. O custo de seguro foi cotado. A manutenção foi interpolada com base na literatura (MATOS, 2007; OLIVEIRA, 2012; MASCARIN, 2014; BOTTEGA et al., 2015; SILVA et al., 2015; POVH; FLUGEL, 2018; COCARI, 2018). Na Tabela 3 estão sintetizados os fatores envolvidos no projeto de colheita.

Tabela 2 – Síntese dos fatores envolvidos no projeto de armazenagem

Parâmetro	Unidade	Coleta	Valor determinístico	Distribuição de probabilidade
Equipamentos	R\$	Orçamento	4.116.128,40	Uniforme (0,008; 0,069)
Infraestrutura	R\$	Orçamento	272.116,00	
Mão de obra	R\$/ano	Documental	60.000,00	
Manutenção	% a.a.	Literatura		
Uso médio anual	horas	Orçamento	196,9	
Consumo lenha	m³/h	Orçamento	4,07	Gama (139,453; 0,445)
Preço lenha	R\$/m³	Orçamento	33,90	
Potência motores	kW	Orçamento	419,5	
Preço kWh	R\$/kWh	Documental	0,38151	
Preço soja	R\$/sc	Documental		
Preço milho	R\$/sc	Documental		Uniforme (13,289; 30,928)
Sobrepço soja	%	Documental		Triangular (0,00; 0,05; 0,08)
Sobrepço milho	%	Documental		Triangular (0,00; 0,10; 0,25)
Comissão cooperativa	%	Documental	1,0%	Gama (2,361; 0,007)
Descontos soja	%	Documental		
Descontos milho	%	Documental		
Produtividade soja	sc/ha	Simulação		
Produtividade milho	sc/ha	Documental		
Área de soja	ha	Documental	1600	Lognormal (4,164; 0,147)
Área de milho	ha	Documental	800	
Subprodutos gerados	%	Documental	0,3%	
Preço subproduto	R\$/ton	Orçamento	550,00	
Frete até cooperativa	R\$/ton	Documental	25,00	
Vida útil do projeto	anos	Orçamento	20	Uniforme (70,728; 116,77)

Fonte: Autoria própria

Tabela 3 – Síntese dos fatores envolvidos no projeto de colheita

Parâmetro	Unidade	Coleta	Valor determinístico	Distribuição de probabilidade
Equipamento	R\$	Orçamento	1.143.800,00	Normal (0,086; 0,03)
Mão de obra	R\$/ano	Documental	5.000,00	
Manutenção	% a.a.	Literatura		
Seguro	R\$/ano	Orçamento	26.807,14	
Preço soja	R\$/sc	Documental		
Preço milho	R\$/sc	Documental		Gama (139,453; 0,445)
Terceirização soja	sc/alq	Documental	6	
Terceirização milho	sc/alq	Documental	9	
Capacidade de colheita	ha/safra	Orçamento	300	
Valor residual	R\$	Orçamento	400.000,00	
Vida útil do projeto	anos	Orçamento	10	Uniforme (13,289; 30,928)

Fonte: Autoria própria

4. Resultados computacionais e discussão

A Tabela 4 apresenta os resultados do modelo determinístico em termos de geração dos fluxos de caixa incrementais dos três projetos, considerando a coleta de dados explicitada anteriormente. Foram calculados VPL, TIR e *payback* descontado na versão determinística dos projetos, utilizando os parâmetros determinísticos e, para os fatores estocásticos, utilizou-se a probabilidade de 50% nas distribuições encontradas.

Tabela 4 – Resultados dos modelos determinísticos

Modelo econômico	Irrigação		Armazenagem		Colheita
Receitas incrementais (soja)	R\$	744.283,56	R\$	439.271,40	R\$ -
Receitas incrementais (milho)	R\$	1.276.393,33	R\$	230.811,15	R\$ -
Receitas incrementais (subprodutos)	R\$	-	R\$	10.181,97	R\$ -
Custos incrementais	R\$	890.493,02	R\$	10.263,61	R\$ 59.459,94
Resultado incremental	R\$	1.130.183,86	R\$	670.000,25	-R\$ 59.459,94
Impostos incrementais	R\$	310.800,56	R\$	184.250,25	-R\$ 16.351,48
Fluxo de caixa incremental	R\$	819.383,30	R\$	485.750,66	-R\$ 43.108,45
Investimento total	R\$	3.923.978,13	R\$	4.388.244,40	R\$ 1.143.800,00
Resultados					
VPL	R\$	4.927.837,22	R\$	859.330,45	-R\$ 1.241.953,61
TIR		20,37%		9,15%	-16,72%
<i>Payback</i> descontado		5,98 anos		14,42 anos	∞

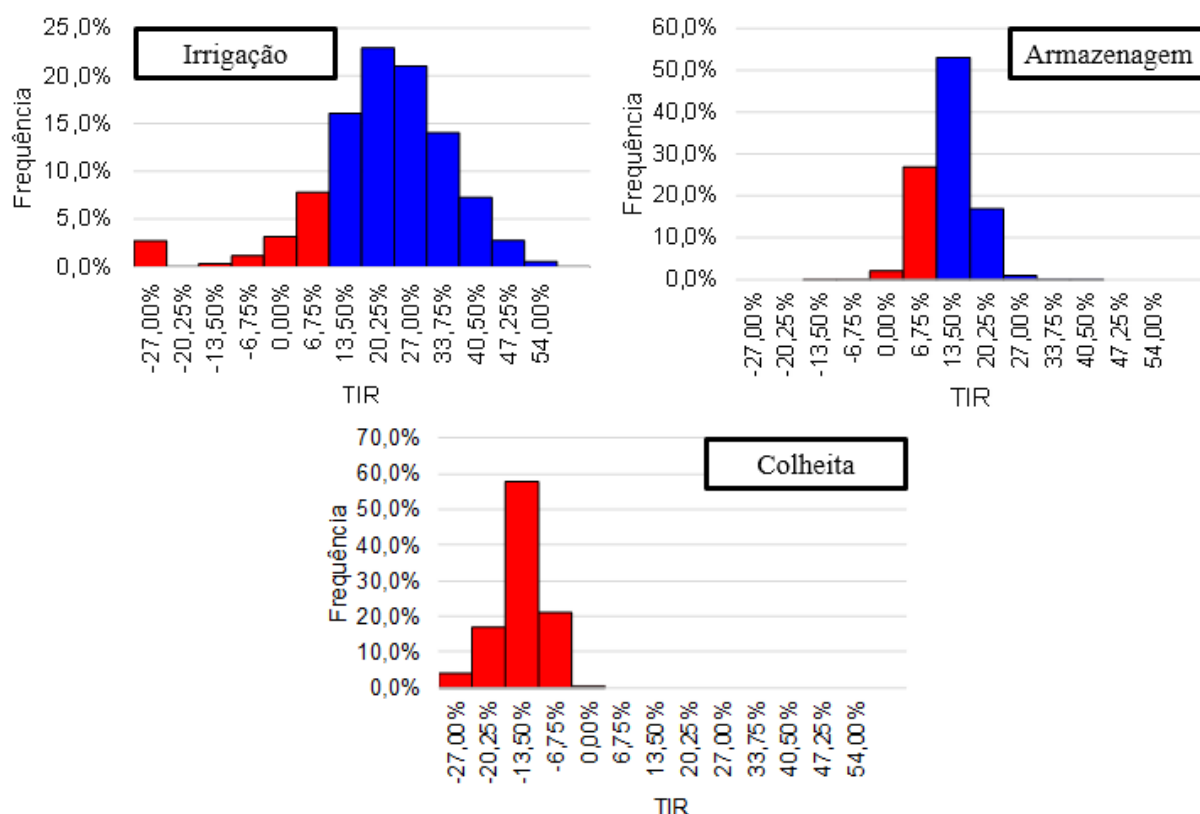
Fonte: Autoria própria

Observa-se resultado economicamente viável para os dois primeiros projetos, enquanto o terceiro sequer atingiu fluxos de caixa positivos. O resultado do projeto de irrigação é superior nos três indicadores.

Para avaliar o risco foi elaborado um procedimento de simulação de Monte Carlo, através do qual gerou-se vários cenários possíveis pela atribuição de números aleatórios às distribuições dos fatores estocásticos. Foram realizadas 20.000 simulações por projeto, número a partir do qual o aumento de simulações não promove melhorias significativas na variância dos resultados. Então, avaliou-se o comportamento de VPL e TIR como distribuições e computou-se o percentual de cenários de insucesso dos projetos.

A Figura 1 exibe as distribuições de frequência dos resultados simulados da TIR obtidas para os três projetos, sendo assinalados em vermelho os casos em que esta é igual ou inferior à TMA.

Figura 1 – Distribuição de frequência da TIR para os três projetos



Fonte: Autoria própria

Representou-se graficamente apenas a TIR, dado que os demais resultados apresentam inviabilidade equivalente. Entretanto, a Tabela 5 sumariza os resultados obtidos na simulação de Monte Carlo em termos de médias, desvios-padrão e taxas de insucesso para VPL e TIR.

Tabela 5 – Resumo dos resultados da modelagem probabilística

Projeto	VPL	TIR	
Irrigação	R\$ 4.586.722,61	16,2%	Média
	R\$ 4.525.805,32	22,5%	Desvio-padrão
	15,3%	15,3%	Insucesso
Armazenagem	R\$ 1.023.465,21	9,3%	Média
	R\$ 1.701.864,90	4,6%	Desvio-padrão
	29,1%	29,1%	Insucesso
Colheita	-R\$ 1.241.839,23	-19,9%	Média
	R\$ 179.165,25	17,0%	Desvio-padrão
	100,0%	100,0%	Insucesso

Fonte: Autoria própria

No conceito estrito de risco como variabilidade, o projeto de armazenagem apresenta resultados menos dispersos, com menor desvio-padrão. Entretanto, o tomador de decisão deve considerar ainda que, embora os resultados sejam mais estáveis, há uma maior concentração em resultados

negativos. Dessa forma, o projeto de irrigação destaca-se por possuir uma menor taxa de insucesso, com 84,7% das simulações geradas apresentando VPL positivo. O projeto de internalização da colheita mostrou-se inviável em 100% das simulações. A decisão de implementá-lo, portanto, estaria condicionada a fatores qualitativos como má prestação de serviço dos terceirizados ou oportunidades de negócios de prestação de serviço, aumentando o parâmetro de área colhida por ano no modelo.

Além dos aspectos quantitativos elencados, destaca-se que a irrigação apresenta como benefício intangível a possibilidade de diversificação a outras culturas, possibilitando maiores margens de contribuição e diluição do risco de comercialização.

5. Conclusões

O presente artigo teve como objetivo principal promover a análise de viabilidade econômica e dos riscos inerentes a projetos de intensificação da produção agrícola: (i) implantação de sistema de irrigação; (ii) aquisição de equipamentos para armazenagem de grãos (silos); e (iii) internalização da operação de colheita.

Os resultados decorrentes das análises desenvolvidas permitiram a comparação entre os projetos de investimento, indicando que o projeto de irrigação é o mais viável economicamente, além de apresentar o menor risco de insucesso em relação aos demais. Como segunda opção, destaca-se o projeto de armazenagem, que em média é economicamente viável, mas tem maior propensão a riscos. Por fim, os resultados sugeriram que o projeto de internalização da colheita seja rejeitado, devido à sua total inviabilidade econômica.

Como limitações do trabalho, ressalta-se a escassez de dados de custo, valendo-se de pesquisas documentais que podem apresentar vieses, além de falta de histórico ou especificidades do local estudado. Como sugestão para pesquisas futuras, propõe-se a extensão e reprodução do método desenvolvido neste trabalho em outros projetos de investimento ou outras regiões produtoras.

REFERÊNCIAS

BOTTEGA, E. L. et al. Aquisição de uma colhedora combinada de grãos: estudo de viabilidade para a região de Farol, PR, no ano agrícola de 2012. **Scientia Agraria Paranaensis (SAP)**, Marechal Cândido Rondon-PR, v. 14, n. 2, p. 82-88, abr./jun. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras**. Maringá-PR, 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-armazenadoras>>

agricola/infraestrutura-e-logistica/documentos-infraestrutura/certificacao-de-unidades-armazenadora_10102014-maringa-1.pdf>. Acesso em: 07 maio 2018.

CANDOGAN, B. N. et al. *Yield, quality and crop water stress index relationships for deficit-irrigated soybean [Glycine max (L.) Merr.] in sub-humid climatic conditions*. **Agricultural Water Management**, Bursa-Turquia, v. 118, p. 113-121, jan. 2013.

CASTIBLANCO, C. J. M. **Economia de energia em irrigação por pivô central em função da melhoria na uniformidade da distribuição de água**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2009.

COCARI COOPERATIVA AGROPECUÁRIA E INDUSTRIAL. Custo de mecanização agrícola (R\$/hora). **Informativo Cocari**, Mandaguari-PR, n. 336, p. 4, jul. 2018.

DE MARTINI, R. E.; PRICHOA, V. P.; MENEGAT, C. R. Vantagens e desvantagens da implantação de silo de armazenagem de grãos na granja De Martini. **Revista de administração e ciências contábeis do Ideau**, Getúlio Vargas-RS, v. 4, n. 8, jan./jun. 2009.

DUENHAS, L. H.; SAAD, J. C. C. Viabilidade econômica e seleção de sistemas de irrigação utilizando simulação e dominância estocástica. **Irriga**, Botucatu-SP, v. 14, n. 4, p. 422-430, out./dez. 2009.

FERRARI, R. C. **Utilização de modelo matemático de otimização para identificação de locais para instalação de unidades armazenadoras de soja no estado do Mato Grosso**. 2006. 186 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2006.

FERREIRA, M. **Engenharia econômica descomplicada**. Curitiba: InterSaberes, 2017.

FERRI, G. A. **Viabilidade econômica e financeira: diferentes cenários para implantação de irrigação por pivô central em Alegrete/RS**. 2017. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, Universidade Federal do Pampa, Alegrete-RS, 2017.

GAVA, R. **Os efeitos do estresse hídrico na cultura da soja (Glycine Max, (L.) Merrill)**. 2014. 124 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2014.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Puxado pela agricultura, PIB cresce 1,0% em 2017 e chega a R\$ 6,6 trilhões.** 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/20168-puxado-pela-agricultura-pib-cresce-1-0-em-2017-e-chega-a-r-6-6-trilhoes.html>>. Acesso em: 07 maio 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL (INMET). **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa.** 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; RIBEIRO, J. P. Viabilidade econômica de aquisição de um silo-secador para pequenas áreas de produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v. 26, n. 3, p. 795-803, set./dez. 2006.

MASCARIN, A. L. C. **Serviços de mecanização agrícola: atividade meio ou atividade fim?** 2014. 142 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

MATOS, M. A. **Modelo informatizado para o planejamento operacional e econômico de sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade.** 2007. 89 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2007.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P. Perdas durante a colheita da soja são subestimadas. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba-SP, n. 5, p. 124-126, jan./jun. 2006.

OLIVEIRA, M. H. F. **A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL fuzzy.** 2008. 231 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2008.

OLIVEIRA, M. P. **Dimensionamento operacional e econômico de um sistema de colheita mecanizada de cana-de-açúcar: estudo de caso.** 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2012.

OLIVEIRA, O. A. et al. Vender soja na safra ou armazenar: um estudo em uma propriedade rural no município de Campo Novo do Parecis-MT. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE CONTABILIDAD E GESTIÓN, 9. 2015, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2015.

PEREIRA, L. F. R.; OLIVEIRA, V. Viabilidade econômica para a implantação de uma unidade armazenadora de grãos em uma propriedade no município de Nova Cantu-PR. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel-PR, ed. esp., p. 81-91, 2016.

PICCOLI, J. H. **Avaliação da viabilidade da instalação de sistema de pivô central na região de Campos Novos (SC)**. 2011. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

PIMENTEL, J. S. **Diferenciação da cobrança pelo uso de recursos hídricos no setor rural em função do custo de produção de uma cultura e a vazão captada**. 2012. 122 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2012.

POVH, F. P.; FLUGEL, L. S. **Planilha de custos de mecanização agrícola**. Castro-PR: Fundação ABC, 2018. Disponível em: <<http://fundacaoabc.org/wp-content/uploads/2018/05/2018-ABRIL.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

SANTA OLALLA, F. M.; JUAN VALERO, J. A.; CORTÉS, C. F. *Growth and yield analysis of soybean (Glycine max (L) Merr.) under different irrigation schedules in Castilla-La Mancha, Spain*. **European Journal of Agronomy**, Albacete-Espanha, v. 3, p. 187-196, mar. 1994.

SARAIVA JÚNIOR, A. F.; TABOSA, C. M.; COSTA, R. P. Simulação de Monte Carlo aplicada à análise econômica de pedido. **Produção**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 149-164, jan./mar. 2011.

SILVA, D. G. et al. **Irrigação por aspersão**. Niterói-RJ: Programa Rio Rural, 2012. Disponível em: <http://www.microbacias.rj.gov.br/conteudo/compartilhados/pesquisa_participativa_apoio_tecnico/33%20-%20Irriga%C3%A7%C3%A3o%20por%20Aspers%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 01 maio 2018.

SILVA, L. C.; QUEIROZ, D. M.; FLORES, R. A. Estimativa de custos operacionais em unidades armazenadoras de grãos por meio de simulação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.1-7, jan./jun. 2006.

SILVA, M. L. O. et al. Viabilidade técnica e econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 31, n. 1, p. 200-205, jan./fev. 2007.

SILVA, R. P. et al. **Custo horário de máquinas agrícolas**. Jaboticabal-SP: Unesp, 2015. Disponível em: <http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/engenharia_rural/rouversonpereiradasilva/apostila-de-custo-de-operacoes-agricolas.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2018.

SISTEMA OCEPAR. Estimativa dos custos de recepção, secagem e limpeza. **Informe Agroeconômico**, Curitiba, n. 446, maio 2016. Disponível em: <<http://www.paranacooperativo.coop.br/PPC/attachments/article/109303/RSL%20-%20safra%20inverno%202016.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2018.

SOUZA, R. M.; FIGUEIREDO, R. S.; OLIVEIRA NETO, O. J. Modelo para gerenciamento de custos relacionados à secagem e armazenagem de grãos pela aplicação da metodologia system dynamics. **Revista de Administração da UEG**, Aparecida de Goiânia-GO, v. 1, n. 1, p. 1-16, ago./dez. 2010.

TEIXEIRA, C. A. **Avaliação energética e de custo em unidades armazenadoras**. 2006. 333 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.